

## Performance musical em rede

ÁLVARO BARBOSA

No âmbito da performance musical mediada por tecnologia informática (sobretudo em redes de comunicação), é bem conhecido que a latência tem um enorme efeito disruptivo na prática musical colaborativa, tanto no nível da resposta musical do próprio performer como na resposta musical global resultante da contribuição de outros performers num ato colaborativo.

É também extensamente reconhecido que o advento da internet e a possibilidade de comunicações acústicas globais a longa distância trouxeram perspectivas de concretização de performances musicais geograficamente deslocalizadas, acessíveis a uma comunidade mundial. No entanto, neste cenário, a latência de comunicação é ainda maior que a latência introduzida pela propagação sonora em grandes espaços ou aquela que é causada por uma computação intensa.

Numa entrevista em vídeo no ensaio *Soft Music*, de Golo Föllmer, Atau Tanaka expressa uma visão inspiradora sobre este tópico:

Considero a latência na internet bastante interessante e penso nisso como uma espécie de acústica única deste media [...] mais do que tocar música já existente nesta nova base temporal, o que me parece interessante é tentar encontrar uma linguagem musical que funcione nesta linha temporal [...] se um som demora meio segundo para ir de Paris a Nova York e outro meio segundo para voltar, então podemos criar uma música adaptada a esta acústica. (FÖLLMER, 2001)

A proposta de que a latência na internet é uma característica acústica inerente a este meio e que os compositores podem criar música tendo em conta este fato vai

de encontro à noção recorrente de que a adaptação da música ao meio onde é tocada leva ao aparecimento de novidades estilísticas. Um exemplo notório deste conceito é a música polioral veneziana do final da Renascença e princípio do Barroco, originada pela acústica peculiar do espaço arquitetônico da Basílica de São Marcos, em Veneza, causada pela latência de propagação sonora no espaço físico em função da distância entre as galerias opostas dos coros. (REESE, 1954) (BUKOFZER, 1947).

Ainda assim, a latência é essencialmente vista como um elemento disruptivo especialmente nas formas musicais mais tradicionais, que são na sua maioria conduzidas pelo ritmo e pela melodia e por conseguinte requerem uma sincronização perfeita de modo a que o performer obtenha uma consciência da acústica musical em tempo real.

Seja ultrapassando os seus efeitos desconcertantes, ou adaptando-a enquanto elemento construtivo nas práticas musicais, a latência implica diferentes abordagens em relação à *performance* musical, especialmente no nível do gesto humano e do seu efeito direto no desenvolvimento do resultado musical.

Neste capítulo aborda-se a presença da latência extrema na *performance* musical fundamentada na pesquisa relacionada com o uso da internet numa perspectiva de colaboração musical com base em experiências laboratoriais levadas a cabo no MTG-Barcelona e no CITAR-Porto desde 2003, que analisam de que forma a prática musical é afetada pela latência de comunicação e o que pode ser feito para diminuir este efeito desconcertante.

## A percepção da acústica da internet

O grupo de pesquisa *SoundWire* no Centro para a Pesquisa Computacional em Música e Acústica (CCRMA - Center for Computer Research in Music and Acoustics) na Universidade de Stanford, dirigido por Chris Chafe, publicou nos últimos anos vários artigos de pesquisa tratando das implicações das condições da rede na comunicação acústica (CHAFE, 2000, p. 159) (CHAFE e LEISTIKOW, 2001).

Em particular no artigo “Physical Model Synthesis with Application to the Internet Acoustics” (CHAFE, WILSON e WAILLING, 2002) Chafe descreve como os modelos físicos de instrumentos musicais para sistemas distribuídos têm sido usados para produzir *pings* acústicos em ligações à internet entre dois servidores de rede,<sup>1</sup> partindo da observação de que quando as ondas sonoras se propagam através da acústica da internet elas se comportam da mesma maneira que no ar, água ou ao longo duma corda tensa.

A ideia de “ouvir o som de uma rede” é uma visão estimulante de como a latência da rede pode ser vista como a principal propriedade para a caracterização da acústica da internet.

Em colaboração com o artista Greg Niemeyer, esta mesma ideia levou à instalação sonora experimental no MOMA de São Francisco, intitulada *Ping* (CHAFE e NIEMEYER, 2001), em que a síntese por modelo físico é utilizada para a sonificação dos dados da Internet.

A Internet apresenta diferentes características que podem afetar qualquer processo colaborativo. O sincronismo em tempo real é inquestionavelmente central na prática musical, e de forma geral a latência é o principal impedimento para a colaboração musical em tempo real.

Este problema está presente em muitos outros contextos além do da comunicação em redes de longa distância, como, por exemplo, nas placas de som do computador ou nos sistemas de amplificação sonora nos grandes auditórios, onde o som dos monitores de áudio traseiros tem de sofrer atraso de propagação de sinal elétrico para poder corresponder à fase do som que vem do palco e que sofreu um atraso maior durante a sua propagação pela atmosfera.

---

<sup>1</sup> Nesta experiência são utilizados modelos físicos de síntese de instrumentos de cordas que são excitados pelo sinal resultante da execução de um comando *ping* que produz uma oscilação com um período correspondente à latência de rede e determinando a variável correspondente ao comprimento da corda do modelo de acordo com o respectivo comprimento de onda deste sinal.

Um exemplo usualmente apresentado como ilustrativo do efeito disruptivo da latência acústica provocado pela propagação do som na atmosfera é o cenário onde dois músicos tentam tocar juntos, cada um em lados opostos de um estádio de futebol (cerca de 120 metros de distância entre eles). O som demorará cerca de 35 ms (considerando o nível do mar, a temperatura de 15°C e a velocidade do som a 340 m/s) para ir de um músico ao outro, e a resposta musical individual (ida e volta), para cada músico perceber a reação do outro será o dobro desse valor (70 ms). Esses valores são muito altos e seria muito complicado chegar a uma performance equilibrada e sincronizada nestas condições.

### A tolerância à latência na performance musical

Para que o ouvido humano percepcione dois sons como simultâneos, eles não podem estar separados temporalmente em mais do que 20 ms (HIRSH, 1959, p. 759), o que significa que para uma percepção sonora simultânea numa performance bilateral este limiar deve ser por volta de 40 ms (o período de tempo que demora para que um performer perceba a reação do outro à sua ação).

Note-se que a percepção de dois sons diferentes tocados simultaneamente depende fortemente das características do som (timbre, altura ou intensidade), estilo musical e outros tipos de resposta, tais como os estímulos visuais ou físicos. Ainda assim, um limiar de 20 ms é suficientemente grande para caracterizar o pior caso.

De fato, uma série de experiências foram levadas a cabo com o propósito de determinar quanta latência de comunicação poderia ser tolerada entre músicos de forma a manter uma performance síncrona.

Os significantes resultados da pesquisa conduzida em 2002 na Universidade de Stanford por Nathan Shuett (SHUETT, 2002) estabeleceram experimentalmente um limiar para a performance em conjunto (EPT - *Ensemble Performance Threshold*) para música de estrutura rítmica com pulsações situadas entre os 20-30ms, que estão de acordo com os

resultados da pesquisa feita por Nelson Lago em 2004 (LAGO e KON, 2004, p. 33) na Universidade de São Paulo.

No contexto da transmissão de áudio através de rede de computadores, considerando os avanços na performance de banda larga e compressão de informação, podemos ser levados a pensar que a latência da rede é uma imposição tecnológica que pode ser ultrapassada num futuro próximo, e por isso poderia ser desnecessário estudar formas de diminuir os seus efeitos perturbadores na performance musical tradicional.

Ainda que não consideremos a latência extrema introduzida na comunicação por satélite, ou que a emergente tecnologia móvel tem taxas de transmissão de dados muito baixas, pode ser demonstrado pelas leis da física que em nível global existem limites que irão sempre implicar em níveis de latência mais altos do que o limiar mínimo tolerado em colaborações musicais em tempo real.

184 Tomando como exemplo uma conexão *peer-to-peer* abstrata por via do percurso mais curto possível entre dois pontos opostos no planeta, digamos, Santiago do Chile e Moscou, temos uma distância aproximada de 14.141 km. Mesmo com uma idealizada transferência de dados por fibra óptica, sem perdas, à velocidade da luz (299.792,458 km/s) e largura de banda ilimitada, a latência bidirecional seria aproximadamente 94,3 ms, o que é muito maior que o limiar mínimo tolerável.

Além disso, a latência tem uma natureza altamente variável e imprevisível, criando erros de base temporal, dessequecendo e ainda provocando a perda parcial do conteúdo, resultando em sérios constrangimentos para o controle da performance. Ainda assim, um enorme esforço está a ser feito na comunidade científica para diminuir estas limitações, através do aumento da largura de banda, da capacidade de compressão de dados e pelo uso de técnicas de transmissão baseadas no conteúdo.



**Fig. 1:** Cenário de uma comunicação idealizada entre duas cidades geograficamente opostas em tempos globais.

No entanto, para o caso de redes de curta distância ou ainda redes de longa distância em territórios geograficamente demarcados (um país ou mesmo um continente) pode ser esperado que num futuro próximo a latência de rede venha a ser reduzida para valores que não representarão um impedimento para comunicações acústicas em tempo real pela internet.

### **Tempo e dinâmica adaptativos em função da latência**

Algumas das pesquisas referentes aos efeitos da latência na precisão temporal na performance colaborativa vão além de estabelecer um EPT para um cenário geral de sincronização rítmica.

Um trabalho publicado em 2004 por Chris Chafe e Michael Gurevish (CHAFE e GUREVISH, 2004), resultante duma experiência conduzida no CCRMA, mostra que pares de sujeitos que tentam sincronizar um ritmo constante batendo palmas tendem a diminuir o ritmo com o aumento da latência.

Do mesmo modo, uma experiência levada a cabo pelo Junho de 2004 no Departamento de Som e Imagem da Universidade Católica Portuguesa (UCP) destinou-se, entre outras metas, a estudar a relação entre tempo (ritmo) e latência.

Na experiência, foram aplicadas condições de latência de rede simuladas a uma performance de quatro músicos diferentes a tocar *standards* do repertório de jazz com quatro instrumentos diferentes (baixo, percussão, piano e guitarra).



**Fig. 2:** Experiência de tolerância à latência num ambiente de estúdio simulado conduzida por Álvaro Barbosa e Alexander Carôt.

A primeira parte desta experiência consistiu em determinar o máximo individual de tolerância à latência aplicada à resposta musical individual do instrumento de cada músico.

Com esta finalidade, foi montado um sistema em estúdio para que os músicos ouvissem a resposta dos seus próprios instrumentos através de fones de ouvido com latências variáveis.

As performances eram sincronizadas com um metrônomo durante várias passagens com andamentos diferentes (BPMs - *beats per minute*). Para cada passagem a latência da resposta musical era aumentada até que o músico não fosse capaz de manter uma performance síncrona.

O gráfico e a tabela seguintes (ver Gráf. 1, Tab. 1) mostram os resultados dessa experiência preliminar.

Da análise dos resultados fica claro que, independentemente das capacidades instrumentais de cada músico, todos foram capazes de tolerar maior *feedback* para tempos mais lentos, conforme se pode confirmar no gráfico seguinte.

A única exceção para a tendência decrescente destas curvas ocorre quando o percussionista atinge os 160 BPMs, o que está relacionado com uma sobreposição síncrona sobre a estrutura rítmica da música, em conjunto com o fato de que para instrumentos de percussão é muito difícil isolar totalmente o performer do som direto do instrumento. Daqui se depreende uma relação inversa entre tempo musical e tolerância à latência.

Para uma validação adicional a esta hipótese foi realizado um teste com utilizadores no contexto desta experiência (ver Fig. 3). Um questionário *online* foi submetido a 32 sujeitos com um perfil dominante de estudantes de música da Escola de Artes da Universidade Católica Portuguesa (53% com formação em música; 28% conseguem tocar um instrumento musical; 19% não têm qualquer formação musical).

O questionário consistia em classificar a precisão de uma performance musical do bem conhecido *standard* de jazz “Sunny”, composição de Bobby Hebb, interpretado por diferentes pares de instrumentos (baixo/percussão; baixo/guitarra; baixo/piano) e para diferentes combinações de tempo para uma latência de comunicação fixa entre músicos de 30 ms (35ms no caso do dueto baixo/piano).



**NETWORK LATENCY SURVEY** - Mozilla Firefox

http://soundserver.porto.ucp.pt/ps/survey/

**Network Latency Survey**

This survey is part of a user study from the Music Technology (MTG) Group of the Pompeu Fabra University, Barcelona - Spain and the Research Center for Science and Technology of the Arts (CITAD) of the Portuguese Catholic University, Porto - Portugal.

It aims to determine under which conditions pairs of musicians can perform together Standard Jazz Tunes if their mutual acoustic feed-back is delayed (like it would be in a long distance audio connection over the Internet).

While evaluating the music recordings, please take into account that the musicians were struggling to play synchronized in spite of the feed-back latency which was introduced in between them.

---

**Intro**

**1. Age**

**2. Gender**

☐ Male  
☐ Female

**3. Education**

☐ Secondary school  
☐ University degree  
☐ Post-doc

**4. How would I rate my musical training?**

☐ I have no training  
☐ I can play a musical instrument  
☐ I have academic training

---

**Part 1** Evaluate A, B and C regarding the synchronization between musicians.

**1.1A - Bass/Guitar**

Unbearable ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Excellent

**1.1B - Bass/ Percussion**

Unbearable ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Excellent

**1.1C - Bass/ Piano**

Unbearable ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Excellent

**1.2A - Bass/ Piano**

Unbearable ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Excellent

**1.2B - Bass/ Percussion**

Unbearable ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Excellent

**1.2C - Bass/Guitar**

Unbearable ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Excellent

**1.3A - Bass/ Percussion**

Unbearable ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Excellent

**1.3B - Bass/Guitar**

Unbearable ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Excellent

**1.3C - Bass/ Piano**

Unbearable ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Excellent

Done

**Fig. 3:** Questionário *online* para avaliar a relação entre tempo musical e latência de comunicação.

O tema musical “Sunny” foi escolhido uma vez que foi uma das músicas tocadas na anterior experiência *Stanford-McGill* (13 de Junho de 2002), em que ficou claro, a partir da observação empírica da documentação em vídeo, que, em alguns momentos, os músicos não conseguiam manter uma performance bem sincronizada. Desta forma, o material gravado nas sessões do Porto poderia ser comparado com o da experiência *Stanford-McGill*.

Tempo (BPMs)	Músicos			
	Baixo	Percussão	Guitarra	Piano
	80	-	85 ms	180 ms
	100	250 ms	75 ms	130 ms
	110	-	-	160 ms
	120	-	70 ms	150 ms
	130	225 ms	-	100 ms
	140	-	60 ms	130 ms
	150	150 ms	-	60 ms
	160	-	65 ms	-
	170	125 ms	-	-
	190	100 ms	-	-

**Tab. 1:** Tolerância máxima à latência para cada músico tocando a andamentos diferentes (BPMs *Beats Per Minute*).

Os resultados presentes na tabela seguinte mostram que os sujeitos consideraram que as performances com aproximadamente a mesma latência eram geralmente melhores para tempos musicais mais baixos (100 BPM), independentemente dos instrumentos e dos performers (ver Tab. 2).

Date	IP Address	Age	Gender	Education	Musical Training	1.1A	1.1B	1.1C	1.2A	1.2B	1.2C	1.3A	1.3B	1.3C
27-04-2005 11:40	172.20.80.60	20	M	University degree	Academic training	3	0	2	1	0	1	0	2	1
20-04-2005 14:58	172.20.80.60	25	F	University degree	Academic training	3	0	2	0	1	3	0	2	0
19-04-2005 12:07	172.20.80.60	38	F	University degree	Academic training	2	1	3	0	0	2	0	1	2
29-05-2005 16:19	172.20.80.60	31	M	University degree	Academic training	0	0	3	0	0	1	2	0	1
18-04-2005 16:24	172.20.80.60	23	M	University degree	Academic training	4	1	3	0	0	2	2	2	3
18-04-2005 16:20	172.20.80.60	26	M	University degree	Academic training	3	1	2	1	0	3	1	0	3
02-05-2005 16:25	172.20.80.60	25	F	University degree	Academic training	3	1	1	1	2	1	2	2	0
02-05-2005 16:58	172.20.80.60	25	M	University degree	Academic training	2	1	0	1	0	1	1	0	1
03-05-2005 15:00	172.20.80.60	23	F	University degree	Academic training	2	3	3	2	1	2	0	2	1
03-05-2005 17:26	172.20.80.60	32	M	University degree	Academic training	2	1	2	3	1	2	2	2	1
06-05-2005 12:37	172.20.80.60	28	M	University degree	Academic training	1	0	0	1	0	2	2	0	1
07-05-2005 11:57	84.143.179.74	45	M	Post-doc	Academic training	1	2	0	1	1	2	1	0	1
11-05-2005 19:17	193.145.55.204	28	M	University degree	Academic training	3	1	0	2	1	0	1	1	0
11-05-2005 20:32	193.145.55.204	29	M	University degree	Academic training	2	1	3	1	2	2	3	2	2
12-05-2005 14:59	172.20.80.60	24	F	University degree	Academic training	2	0	2	1	1	0	1	2	0
19-05-2005 10:43	172.20.80.60	28	M	University degree	Academic training	2	0	1	0	1	3	1	1	0
24-05-2005 11:18	172.20.80.60	24	F	University degree	Academic training	3	2	2	1	0	2	1	2	2
Average						2.24	0.88	1.71	0.94	0.65	1.71	1.18	1.24	1.12
28-04-2005 10:09	172.20.80.60	23	M	University degree	Can play musical instrument	3	1	3	0	2	2	3	2	2
28-04-2005 10:34	172.20.80.60	26	M	University degree	Can play musical instrument	3	2	3	1	2	3	2	1	2
28-04-2005 11:55	172.20.80.60	34	M	University degree	Can play musical instrument	3	1	3	0	1	2	1	2	2
03-05-2005 10:14	194.117.24.10	31	M	University degree	Can play musical instrument	3	0	1	3	1	2	2	2	1
03-05-2005 13:07	172.20.80.60	36	F	University degree	Can play musical instrument	3	3	1	1	0	2	1	1	3
07-05-2005 17:46	172.20.80.60	24	M	Secondary school	Can play musical instrument	3	2	3	1	1	1	0	3	1
11-05-2005 18:07	193.145.55.204	37	M	University degree	Can play musical instrument	2	1	2	1	1	1	1	0	1
11-05-2005 20:03	193.145.55.204	25	M	University degree	Can play musical instrument	1	2	1	1	1	1	1	2	1
16-05-2005 15:19	141.83.78.62	28	F	University degree	Can play musical instrument	4	1	2	2	1	2	3	3	1
Average						2.78	1.44	2	1.33	1.11	1.78	1.56	1.78	1.56
23-04-2005 16:08	172.20.80.60	33	M	University degree	No Training	3	3	2	4	1	1	1	2	0
30-04-2005 17:54	192.35.246.5	36	M	University degree	No Training	1	2	0	0	0	2	1	1	3
02-05-2005 11:19	172.20.80.60	34	F	University degree	No Training	3	3	2	1	3	0	0	4	4
10-05-2005 11:23	193.145.56.194	26	F	University degree	No Training	3	3	1	2	1	4	2	2	2
Average						2.5	2.75	1.25	1.75	1.25	1.75	1	2.25	2.25
Final Average						2.5	1.69	1.65	1.34	1	1.74	1.24	1.75	1.64

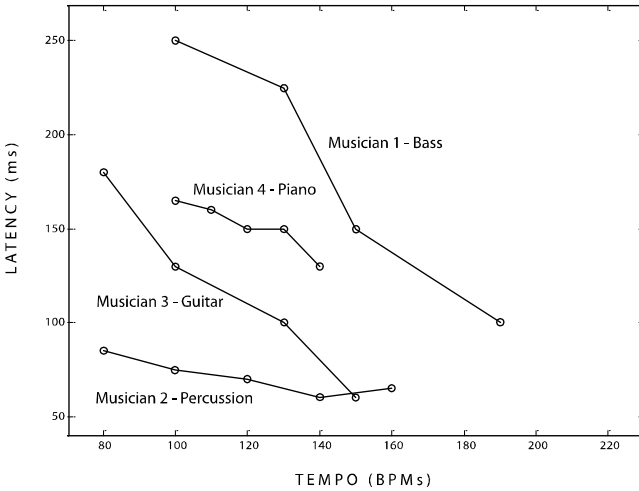
**Tab. 2:** Resultados da avaliação da relação tempo musical/latência da comunicação agrupada por nível de formação musical.

Os gráficos seguintes mostram de forma mais clara a dependência direta entre o tempo musical e a tolerância ao efeito disruptivo da latência, o que confirma a hipótese inicial (ver Gráf. 1 e Gráf. 2).

A dependência direta entre o tempo musical e a tolerância ao efeito disruptivo da latência, neste caso específico da colaboração musical (performance standard de jazz), pode ser vista como um conceito mais geral de Adaptação Temporal à Latência (LAT – Latency Adaptive Tempo) .

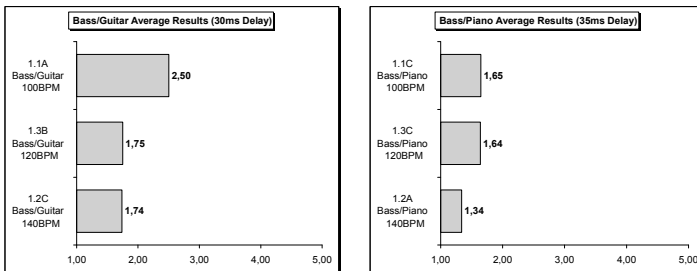
O princípio base de aplicação da LAT consiste numa função para sistemas de comunicação acústica de rede, cujo tempo musical (tipicamente dirigido pelo som de um metrônomo) se adapta, transpondo-se para o valor máximo tolerado pela menor “tolerância à latência” dum músico

participante na sessão performativa. Esta adaptação dinâmica é baseada em medidas da latência em tempo real entre pares.

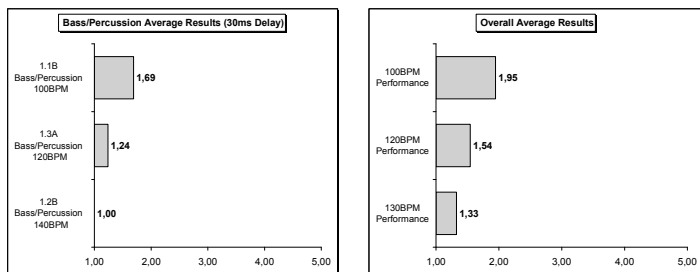


191

**Gráf. 1:** Auto-teste de tolerância à latência para cada performance.



**Gráf. 2:** Resultados da avaliação da relação tempo musical/latência da comunicação no caso dos duetos baixo/guitarra e baixo/piano.



**Gráf. 3:** Resultados da avaliação da relação tempo musical/latência da comunicação no caso dos duetos baixo/percussão e a média final

As variáveis de entrada desta função são os perfis de desempenho dos músicos e o valor de latência num dado momento. A resposta da função LAT será o valor do tempo (tipicamente em BPMs) que é menos disruptivo para a prática do grupo musical. A LAT permite aos músicos ensaiar música tão depressa (em termos de tempo musical) quanto a velocidade de conexão da sua rede lhes permite.

A ideia genérica de um instrumento musical em rede que se adapta dinamicamente à latência da conexão de internet foi implementada originalmente por Jörg Stelken no software *peerSynth* (STELKENS, 2003). *PeerSynth* é um sintetizador *peer-to-peer* que suporta múltiplos utilizadores remotos na internet, medindo a latência entre cada conexão ativa e reduzindo dinamicamente o volume do som da contribuição de cada utilizador, na paisagem sonora que está a ser criada, proporcionalmente ao valor da latência medido na sua conexão. Stelkens seguiu uma metáfora do mundo real, onde, de fato, a intensidade de um som de uma fonte sonora diminui com o aumento da distância do receptor, o que também implica um aumento da latência de comunicação acústica. Uma abordagem similar da adaptação dinâmica à latência (LAD - Latency Adaptive Dynamics) foi seguida no sistema AALIVENET (SPICER, 2004).

## Resposta individual com latência

Outro resultado obtido a partir das experiências com a simulação de latência de comunicação acústica na Escola das Artes da Universidade Católica Portuguesa foi uma tipologia de resposta musical que realça a tolerância individual à latência.

Foi empiricamente observado que, com a prática, os músicos tendem a melhorar as suas capacidades para tocar o seu instrumento musical quando a sua resposta acústica individual sofre uma latência. Esta ideia é reforçada pelos resultados apresentados no Gráfico 1, no qual podemos observar diferentes níveis de tolerância para a resposta musical individual para músicos com diferentes capacidades instrumentais.

Isto leva também à percepção de que uma melhor tolerância à latência é alcançada se, em vez de formarmos grupos em que cada músico recebe uma resposta acústica direta do seu instrumento misturado com a resposta musical global com latência, cada músico ouvir a sua resposta musical individual atrasada temporalmente, mas em conjunto e sincronizada com os outros músicos. Este conceito é definido como resposta individual com latência (IDF - Individual Delayed Feedback).

193

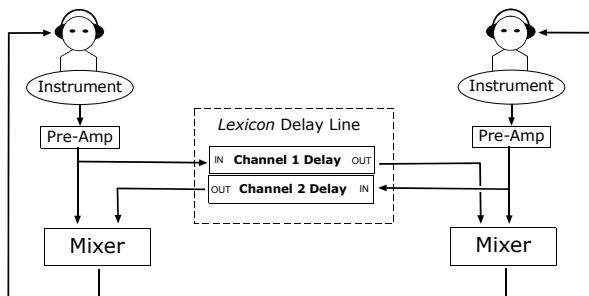
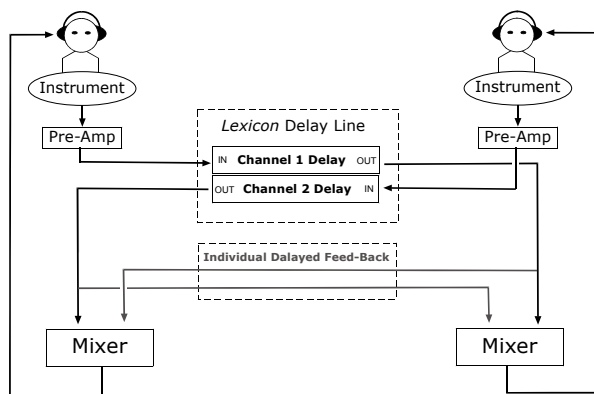


Fig. 4: Topologia da resposta musical individual sem latência.



**Fig. 5:** Topologia da resposta musical individual com latência.

194

As figuras anteriores ilustram a montagem em estúdio usada para as sessões de gravação entre pares de músicos. A mesma canção foi gravada com o mesmo tempo e latência, mas usando a topologia de resposta musical individual sem latência numa sessão e uma topologia de resposta musical individual com latência noutra sessão.

A canção gravada com estas duas topologias de resposta musical foi a bem conhecido *standard* de jazz “Cantaloupe Island”, de Herbie Hancock, com um andamento de 120 BPM para uma latência de comunicação de 35 ms.

Quatro pares diferentes de performances instrumentais foram gravadas: baixo / guitarra; baixo / percussão; baixo / piano; piano / percussão. Essas gravações foram usadas no seguinte questionário *online* com utilizadores:

NETWORK LATENCY SURVEY - Mozilla Firefox

File Edit View Go Bookmarks Tools Help

http://soundserver.porto.ucp.pt/psq/survey/

Network Latency Survey

Part 2 Compare A and B. In which one the musicians are best synchronized?

☐ 2.1A - Bass/Guitar

☐ 2.1B - Bass/Guitar

☐ 2.2A - Bass/Percussion

☐ 2.2B - Bass/Percussion

☐ 2.3A - Bass/Piano

☐ 2.3B - Bass/Piano

☐ 2.4A - Piano/Percussion

☐ 2.4B - Piano/Percussion

Done

**Fig. 6:** Questionário *online* para a avaliação das performances com resposta individual com latência.

Mais uma vez, o teste foi submetido a 32 sujeitos com um perfil dominante de estudantes de música da Escola das Artes da Universidade Católica Portuguesa (53% com formação em música; 28% conseguem tocar um instrumento musical; 19% sem nenhuma formação musical). A canção A corresponde sempre à topologia de resposta musical individual sem latência, e a canção B corresponde à topologia de resposta musical individual com latência. Os resultados são apresentados na tabela seguinte:



Date	IP Address	Age	Gender	Education	Musical Training	2.1	2.2	2.3	2.4
27-04-2005 11:40	172.20.80.60	20	M	University degree	Academic training	B	B	B	B
20-04-2005 14:58	172.20.80.60	25	F	University degree	Academic training	B	B	B	B
19-04-2005 12:07	172.20.80.60	38	F	University degree	Academic training	B	B	B	B
29-06-2005 16:19	172.20.80.60	31	M	University degree	Academic training	B	B	B	B
18-04-2005 16:24	172.20.80.60	23	M	University degree	Academic training	B	B	B	B
18-04-2005 16:20	172.20.80.60	26	M	University degree	Academic training	B	B	B	B
02-05-2005 16:25	172.20.80.60	25	F	University degree	Academic training	B	B	B	B
02-05-2005 16:58	172.20.80.60	25	M	University degree	Academic training	B	B	B	B
03-05-2005 15:00	172.20.80.60	23	F	University degree	Academic training	B	B	B	B
03-05-2005 17:26	172.20.80.60	32	M	University degree	Academic training	B	B	A	A
06-05-2005 12:37	172.20.80.60	28	M	University degree	Academic training	B	B	B	B
07-05-2005 11:57	84.143.179.74	45	M	Post-doc	Academic training	B	B	B	B
11-05-2005 19:17	193.145.55.204	28	M	University degree	Academic training	B	B	B	B
11-05-2005 20:32	193.145.55.204	29	M	University degree	Academic training	B	B	B	B
12-05-2005 14:59	172.20.80.60	24	F	University degree	Academic training	B	B	B	B
19-05-2005 10:45	172.20.80.60	28	M	University degree	Academic training	B	B	B	A
24-05-2005 11:18	172.20.80.60	24	F	University degree	Academic training	B	B	B	B
28-04-2005 10:09	172.20.80.60	23	M	University degree	Can play musical instrument	B	B	A	B
28-04-2005 10:34	172.20.80.60	26	M	University degree	Can play musical instrument	B	B	B	A
28-04-2005 11:55	172.20.80.60	34	M	University degree	Can play musical instrument	B	B	B	B
03-05-2005 10:14	194.117.24.10	31	M	University degree	Can play musical instrument	B	B	B	B
03-05-2005 13:07	172.20.80.60	36	F	University degree	Can play musical instrument	B	B	B	B
07-05-2005 17:46	172.20.80.60	24	M	Secondary School	Can play musical instrument	B	B	A	B
11-05-2005 18:07	193.145.55.204	37	M	University degree	Can play musical instrument	B	B	B	B
11-05-2005 20:03	193.145.55.204	25	M	University degree	Can play musical instrument	B	B	B	B
16-05-2005 15:15	141.83.78.62	28	F	University degree	Can play musical instrument	B	B	B	B
23-04-2005 16:08	172.20.80.60	33	M	University degree	No Training	B	B	B	B
30-04-2005 17:54	192.35.246.5	36	M	University degree	No Training	A	B	A	A
02-05-2005 11:19	172.20.80.60	34	F	University degree	No Training	B	B	B	B
10-05-2005 11:23	193.145.56.194	26	F	University degree	No Training	B	B	B	B
A:						1	0	4	4
B:						31	31	28	28

**Tab. 3:** Resultados do questionário online na avaliação da Resposta Individual com Latência

Em qualquer dos casos mais de 85% dos sujeitos considera que a topologia IDF (Canção B) produz resultados melhores.

Baseado nesta corroboração da suposição de que uma topologia IDF permite melhores tolerâncias individuais à latência, o co-autor destas experiências, Alexander Carôt, implementou uma ferramenta para resposta musical com latência na sua aplicação para comunicação acústica de baixa-latência na internet, intitulada *Soundjack* (CARÔT, 2004).

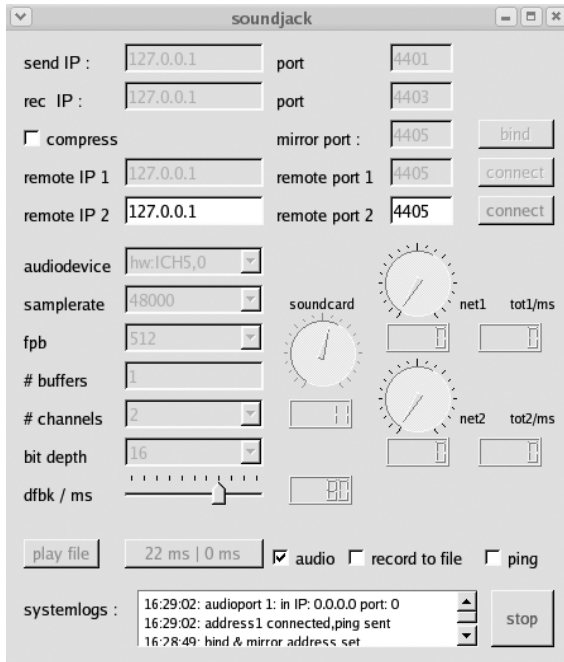


Fig. 7: Interface do *Soundjack* de Alexander Carôt

A interface permite aos utilizadores fazerem corresponder manualmente o valor da sua resposta individual com latência à latência da sessão, movendo o *slider* “dfbk/ms”.

Os conceitos do IDF e do LAT são igualmente aplicados no sistema de objetos sonoros partilhados (BARBOSA, 2005), um ambiente colaborativo desenhado para fornecer uma interface gráfica orientada para a manipulação individual do som que funciona como um cliente de um espaço acústico partilhado na internet, em que a resposta acústica e visual, entre outras, é sujeita a latências extremas, variáveis com as condições de velocidade da rede.



**Fig. 8:** Software concebido por Álvaro Barbosa: *Objetos Sonoros Partilhados* (PSOs - *Public Sound Objects*)

## Conclusões

Quando enquadrada numa concepção tradicional da música, a performance colaborativa requer comunicação em tempo real entre performers. Contudo, a latência de comunicação tem um efeito disruptivo na sincronização musical. Neste caso os músicos não têm uma resposta imediata aos seus gestos performativos. Neste capítulo foi apresentada uma análise de questões perceptivas relacionadas com a latência extrema.

Os conceitos de adaptação temporal e dinâmica à latência (LAT e LAD) derivam de uma experiência e avaliação que demonstrou uma dependência direta entre tempo musical e tolerância ao efeito disruptivo da latência num caso específico de colaboração musical (performance *standard* de jazz). Este conceito foi implementado pelo autor no projeto *Objetos Sonoros Partilhados* fornecendo uma melhoria significativa na percepção da performance individual em condições extremas de latência na resposta acústica.

Para além disso foi introduzido o conceito de resposta individual com latência (IDF), baseado na demonstração experimental que melhor tolerância à latência é alcançada quando um músico recebe a resposta acústica do seu instrumento integrada com a resposta com latência dos outros performers, em vez da resposta direta individual do seu próprio instrumento. Neste caso cada músico percepção a sua própria resposta individual com latência, juntamente e

sincronizada com a resposta dos outros músicos. O IDF foi utilizado no aplicativo *Soundjack*, para comunicação acústica de baixa-latência pela internet, e no sistema *Objetos Sonoros Partilhados*.

As noções de LAT e LAD assim como a IDF são conceitos incorporáveis no contexto da performance musical *online*. Com base nestes princípios, os músicos saberão que a fim de improvisar *online*, têm de melhorar as suas capacidades tocando com uma resposta acústica com latência e que serão aptos a tocar quanto mais rápido quanto a sua conexão de internet lhes permitir.

Com o emergir de aplicações musicais que incorporam a latência da internet como uma parte funcional do sistema, em vez de tentar cancelá-la, possivelmente chegaremos a estilos musicais com menos estruturas rítmicas e com ataques e decaimentos mais lentos (ver capítulo 6 deste livro).

Adicionalmente, a tecnologia digital e o acesso a novos tipos de sensores permitem uma abordagem às interfaces de instrumentos musicais que pode ser concebida como raiz para mapear em tempo real os gestos humanos em parâmetros sonoros. No entanto, os mecanismos algorítmicos de geração de som permitem criar música em que o performer improvisador tenha uma maior consciência do comportamento musical de estruturas rítmicas e melódicas em contraponto com um modelo de performance musical nota por nota como resultado direto dos seus gestos (interfaces comportamentais). Neste sentido, os instrumentos digitais não só permitem uma interação orientada ao comportamento, como também aumentam a tolerância à latência.

## Referências

BARBOSA, Álvaro; CARDOSO, Jorge; GEIGER, Gunter. Network latency adaptive tempo in the public sound objects system. In: *Proceedings the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, Vancouver, 2005.

BUKOFZER, Manfred. *Music in the Baroque era*. Nova York: Norton, 1947.

CARÔT, Alexander. *Live music on the internet*. Lübeck: IT & Design, 2004

CHAFE, Chris; GUREVICH, Michael; GRACE, Leslie; SEAN, Tyan. Effect of time delay on ensemble accuracy. In: *Proceedings of the International Symposium on Musical Acoustics*, Nara, 2004

CHAFE, Chris; NIEMEYER, Greg. *Ping music installation - 2001*. Walker Art Center and San Francisco Museum of Modern Art: <http://www.ccrma.stanford.edu/~cc/sfmoma/topLevel.html> [consultado em 30 de Janeiro de 2010]

200 CHAFE, Chris; WILSON, Scott Robert; LEISTIKOW, Randal; CHISHOLM, Dave; SCAVONE, Gary. Simplified approach to high quality music and sound over IP. In: *Proceedings of the Digital Audio Effects Conference*, Verona, 2000.

CHAFE, Chris; WILSON, Scott Robert; WALLING, Daniel. Physical model synthesis with application to internet acoustics. In: *Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Orlando, 2002. IEEE - Signal Processing Society.

HIRSH, Ira. Auditory perception of temporal order. *Journal of the Acoustical Society of America*, v. 31, n. 6 (1959), p. 759.

LAGO, Nelson; KON, Fabio. The quest for low latency. In: *Proceedings of the International Computer Music Conference*, Miami, 2004

REESE, Gustave. *Music in the Renaissance*. New York: Norton, 1954.

SCHUETT, Nathan. *The effects of latency on ensemble performance*. Stanford, 2002. Monografia de Graduação – Stanford University.

SPICER, Michael. AALIVENET: An agent based distributed interactive composition environment. In: *Proceedings of the International Computer Music Conference*, Miami, 2004.

STELKENS, Jörg. PeerSynth: A P2P Multi-User Software with new techniques for integrating latency in real time collaboration. In: *Proceedings of the International Computer Music Conference*, Singapore, 2003.